



ESTUDIO MORFOMÉTRICO Y BALANCE HÍDRICO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SUEVA, JUNÍN CUNDINAMARCA

MORPHOMETRIC STUDY AND WATER BALANCE OF THE SUEVA RIVER SUB-BASIN, JUNÍN CUNDINAMARCA

Laura Urrego Hincapié
3101526
Ingeniera Catastral y Geodesta

Director:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
JUNIO DE 2021
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ESTUDIO MORFOMÉTRICO Y DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENTA HÍDRICA DEL RÍO SUEVA, JUNÍN CUNDINAMARCA

MORPHOMETRIC STUDY AND WATER BALANCE OF THE SUEVA RIVER SUBWAY, JUNÍN CUNDINAMARCA

Laura Urrego Hincapié
Ingeniería Catastral y Geodesta
Bogotá, Colombia
laura.urrego1@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo busca realizar un estudio morfométrico y el balance hídrico del río Sueva, jurisdicción del municipio de Junín en la provincia del Guavio teniendo en cuenta la importancia de sus grandes reservas forestales e hídricas como lo son el Parque Nacional Natural Chingaza declarado ecosistema estratégico según las corporaciones autónomas regionales. Este estudio morfométrico determinará de manera detallada las características del drenaje como lo son: el tipo de drenaje, área de la cuenca, perímetro, entre otros parámetros físicos., por otro lado, el balance hídrico determinará el equilibrio entre los recursos hídricos que entran a la subcuenca y los que salen. Este análisis se desarrollará mediante herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) por su gran cantidad de procesos que se pueden desarrollar y su posterior análisis.

Palabras Clave: Cuenca, morfometría, drenaje, SIG, recurso hídrico, balance hídrico.

ABSTRACT

This paper seeks to carry out a morphometric study and the water balance of the Sueva River , jurisdiction of the municipality of Junín in the province of Guavio taking into account the importance of its large forest and water reserves such as the Chingaza National Natural Park declared a strategic ecosystem according to regional autonomous corporations. This morphometric study will determine in detail the characteristics of the drainage as they are: the type of drainage, area of the basin, perimeter, among other physical parameters. , on the other hand, the water balance will determine the balance between the water resources entering the sub-basin and those leaving. This analysis will be developed through GIS (Geographic Information Systems) tools due to their large number of processes

Keywords: Basin, morphometric, drainage, GIS, water resource, wáter balance.

INTRODUCCIÓN

La subcuenca del río Sueva se encuentra localizada dentro de la cuenca del río Gachetá, perteneciente al municipio de Guatavita, departamento de Cundinamarca. La Subcuenca limita al norte con la Subcuenca del río Amoladero, al oriente con la subcuenca del río Salinero, al sur con la subcuenca del río Zaque y al occidente con la subcuenca del Embalse de Tominé (Asmat Chávez, 2017). Estas hacen parte de dos de los cuatro ecosistemas estratégicos declarados y caracterizados por las corporaciones autónomas regionales, con jurisdicción en ella, y por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; éstos son: el “Parque Nacional Natural Chingaza (PNNCH)” y la “Reserva del páramo grande de Guasca”(Cámara de Comercio,), además este recurso hídrico proporciona más de la mitad de la demanda del sistema de acueducto de abastecimiento en Bogotá y a su vez es productora de energía en la hidroeléctrica del Guavio (Cámara de Comercio,). Sin embargo, estas fuentes hídricas en la región han sido afectadas por la contaminación y el inadecuado manejo de los recursos sólidos y líquidos sin mencionar la deforestación y la invasión por parte de las personas en zonas protegidas como los páramos.

Por esta razón es importante realizar el estudio morfométrico de esta subcuenca para determinar sus características y la importancia de esta en el ecosistema, su demanda y aprovechamiento, con el objeto de dar un diagnóstico general en aspectos demográficos, económicos y naturales de la región y sus habitantes. Por otro lado, este estudio servirá de referencia para estudios posteriores de conservación, realizar proyecciones sobre el mercado y el mejoramiento y optimización de dicha subcuenca (Jiménez Cortés, 2017). La importancia del balance hídrico en este estudio es determinar con precisión la disponibilidad del agua superficial en la subcuenca (Morejón Miranda et al., 2015) con el fin de analizar la oferta y demanda de la misma en la zona y cómo esta repercute en las actividades humanas y socioeconómicas.

Para el análisis morfométrico y estudio del balance hídrico se utilizarán herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica) como ArcGis (ESRI, 2011). Las cuales sirven para capturar y convertir, almacenar y administrar, manipular y analizar, editar y actualizar, y mostrar y generar datos espaciales y no espaciales (Ahindra Nag., 2010), mediante estas herramientas se determinarán los parámetros que caracterizan la subcuenta del río Sueva.

Colombia posee una de las mayores fuentes hídricas en el mundo gracias a las características geográficas, topográficas y climáticas, junto con la ubicación estratégica en la zona tropical, esto caracteriza al territorio y determina la existencia de ecosistemas con un potencial hídrico valioso y sistemas complejos de regulación. Esta riqueza hídrica no está distribuida de manera homogénea en todo el territorio nacional y presenta variaciones temporales a lo largo del año (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.,1998).

La zona de estudio se encuentra en la provincia del Guavio al oriente del departamento de Cundinamarca, zona Andina del país, por donde cursa la cordillera oriental la cual brinda la característica climática y paisajística de la subcuenca. La provincia del Guavio

se encuentra en la categoría de paisaje de montaña, conformado por un relieve ondulado y fuertemente escarpado, cuenta con un mosaico litológico, en donde alternan rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; sus edades varían desde el Precámbrico hasta el Cretáceo (Asmat Chávez, 2017).

La subcuenca del río Sueva se encuentra distribuida en tres veredas, dos en el municipio de Guatavita, Amoladero y Juiquin y concepción una vereda del municipio de Guasca, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (CAR), entidad que tiene como objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio del Medio Ambiente (El Congreso de Colombia, 1993). Al ser la máxima autoridad ambiental en la jurisdicción una de sus funciones es ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas, para ejecutar las políticas en materia de medio ambiente que dispone el PND (Plan Nacional de Desarrollo), para ello la Corporación debe elaborar diagnósticos o estudios de las cuencas hidrográficas que se encuentran en su jurisdicción con el fin de llevar a cabo los planes de acción, políticas y proyectos sobre el medio ambiente que sean de beneficio para la comunidad y el ecosistema.

En la subcuenca del río Sueva se han elaborado diagnósticos y estudios por parte de la CAR de manera general ya que prevalece el interés sobre la cuenca hidrográfica del río Gachetá que es a la que pertenece.

Uno de los estudios realizados por la CAR es el *“Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Gachetá, subcuenca río Sueva”* en el cual se realiza un diagnóstico social, ambiental, caracterización del medio físico, medio biótico, socioeconómico y cultural, evaluación socio ambiental, caracterización de los recursos naturales renovables entre otros, esto con el fin de formular los principios del ordenamiento territorial, establecer los marcos estratégico, los lineamientos, etc; todo esto enmarcado en la relación que existe entre la comunidad que se beneficia de la subcuenca y el medio ambiente o ecosistema en el cual se encuentra.

De igual manera la CAR ha realizado libros como la *“Evaluación regional del agua cuenca río Gachetá”* con el objetivo de evaluar el estado, dinámica y tendencia de los sistemas hídricos como resultados de la interacción de procesos naturales y antrópicos para una adecuada administración, uso y manejo sostenible del agua en la cuenca del río Gachetá (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR Dirección de Monitoreo, Modelamiento y Laboratorio Ambiental, 2018).

Por otro lado, tenemos trabajos de grado en los cuales se analizan, calidad del agua, aplicación de índices de las subcuencas del río Gachetá, con el objetivo de determinar el estado del recurso hídrico analizando si los parámetros estudiados están dentro del límite permitido (Moreno Soler, 2011).

Si bien es cierto que la CAR es la entidad competente para realizar los planes, políticas, diagnósticos y evaluaciones del medio ambiente y en especial de las cuencas hidrográficas en gran parte de la región del Guavio, en la academia no se observa un

gran interés por el estudio de esta región ni de sus componentes ambientales, ni de los recursos hídricos, teniendo en cuenta que esta provincia es significativa e importante en cuanto a ecosistemas estratégicos, reservas forestales, y sistemas hídricos. Por lo tanto, es pertinente realizar la caracterización de la morfometría de la subcuenca evaluando parámetros cuantitativos y el balance hídrico para determinar así el equilibrio del sistema.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio cuenta con 150 km², se encuentra localizada en el límite donde convergen cuatro municipios de la región los cuales son: Guatavita, Guasca, Gachetá y Junín, el inicio de la cuenta se encuentra en la vereda Potreritos en la unión del río Blanco o Concepción y el río Tunjo y su desembocadura en el Río Gachetá. Las coordenadas geográficas de la zona de estudio son:

Norte: 4° 52' 2.778"

Oeste: 73°48'25.491"

Este: 73°40' 18.538"

Sur: 4° 46' 36.992"

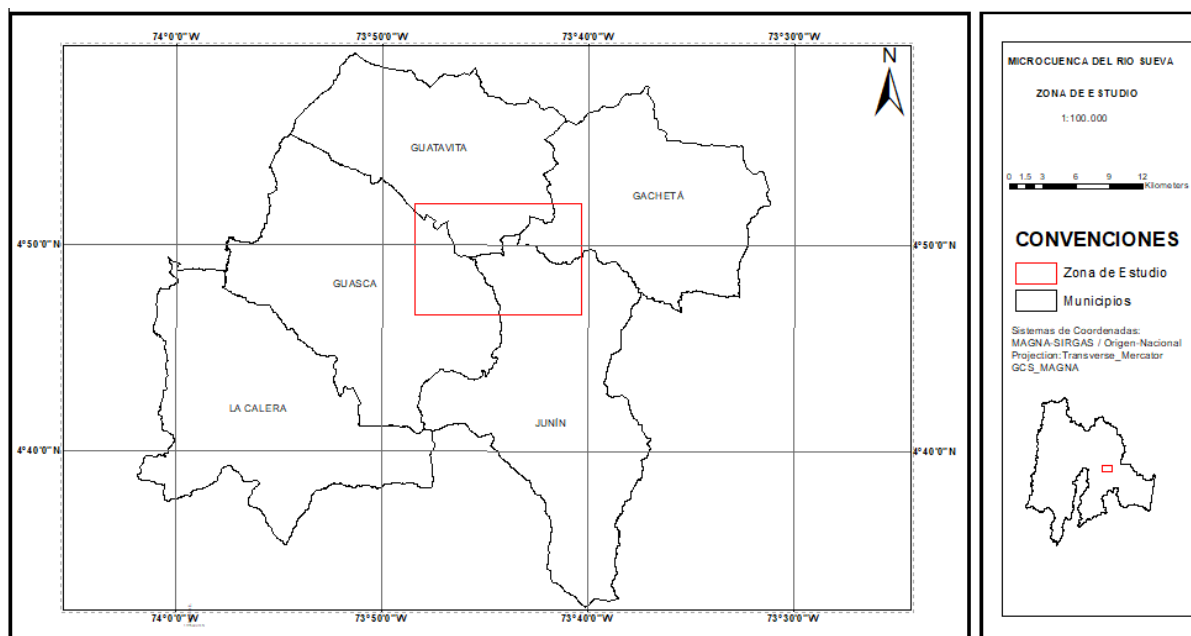


Figura 1. Ubicación Espacial de la Zona de Estudio

1.2 MORFOMETRÍA

El término morfometría hace referencia a la medida de las propiedades geométricas de la superficie sólida de un sistema de erosión fluvial (Guerra, Fernando y González,

Julio, 2021), el análisis de estas propiedades es fundamental para comprender e interpretar el comportamiento morfodinámico e hidrológico, así como inferir indirecta y cualitativamente sobre la estructura, características y formas de los hidrogramas (Trujillo, Barroso, Escobar, 2010). Los parámetros para el análisis de la morfometría de la subcuenca deben ser estandarizados y/o comparables como áreas y unidades de medidas, por lo que la manera de captar estos parámetros es un levantamiento en campo o mediante cartografía básica.

1.3 CUENCAS HÍDRICAS

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales. de caudal continuo o intermitente, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (Ministerio del Medio Ambiente, 2004)

1.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Es una colección de herramientas que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos, esto significa que se puede tener gran cantidad de datos y todo estos se pueden ubicar en el espacio. Los softwares de GIS permiten capturar, administrar, manipular, analizar y generar datos con referencias espaciales, como puntos, líneas y polígonos (Ahindra Nag., 2010)

1.5 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Para realizar el análisis de las características morfométricas, se utilizó la plancha cartográfica número 228IIC a escala 1:25.000 de los límites donde convergen los municipios de Guatavita, Guasca, Junín y Gachetá, insumo obtenido del geoportal del IGAC (Instituto Agustín Codazzi). La herramienta SIG usada en este estudio fue el software Arcgis 10.7.1 y Arcgis Pro, se realizó la delimitación de la subcuenca donde se determinaron los parámetros morfométricos básicos como área, perímetro, longitud, pendiente, índice de compacidad, pendiente media, tiempo de concentración.

El estudio de las características morfométricas es fundamental para comprender y entender el comportamiento hidrológico, la estructura, características cualitativas, y formas de la cuenca.

1.5.1 Área de una cuenca

Está definida como la proyección ortogonal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido-directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Cita Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en km^2 (Trujillo, 2010).

1.5.2 Perímetro de una cuenca

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros (Trujillo, 2010).

1.5.3 Longitud de una cuenca

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

1.5.4 Longitud del cauce principal

Corresponde a la longitud del cuerpo de agua que le da nombre a la cuenca de estudio, en este parámetro se tienen en cuenta la sinuosidad cauce; este parámetro se expresa normalmente en kilómetros.

1.5.5 Ancho promedio

El ancho promedio de la cuenca se encuentra dividiendo el área de la cuenca por su longitud del cauce principal, de la siguiente forma

$$Ap = \frac{A}{L}$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- A = Área de la cuenca (Km²)
- L= Longitud del cauce principal (kilómetros)

1.6 FORMA DE LA CUENCA

1.6.1 Coeficiente de Gravelius

El índice de Compacidad Gravelius se utiliza para estimar la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca (longitud que abarca desde la salida hasta el punto topográficamente más alejado de ésta) ya que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de una cuenca teórica circular de igual área (Ibáñez). Su fórmula es la siguiente:

$$Cg = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Fuente: (Ibáñez)

Donde:

- P = Perímetro (Km)
- A = Área de la cuenca (Km²)

1.6.2 Forma de la Cuenca

Define o tiene influencia en el tiempo que tarda la cuenca en concentrar la lluvia a la salida de la misma. Se utilizan varios índices o medidas. Su fórmula es la siguiente:

$$f_c = \frac{A}{L^2}$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- A = Área de la cuenca (Km²)
- L= Longitud del cauce principal (kilómetros)

1.6.3 Índice de alargamiento

Este parámetro muestra la tendencia a ser de forma alargada, en relación con su longitud y con el ancho máximo de la cuenca. Su fórmula es la siguiente:

$$I_a = \frac{L}{A_n}$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- L= Longitud de la cuenca (kilómetros)
- A_n=Ancho de la cuenca (Kilómetros)

1.6.4 Índice asimétrico

Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, relaciona el área de las vertientes área mayor y área menor las cuales son separadas por el cauce principal (Trujillo, 2010). Su fórmula es la siguiente:

$$I_s = \frac{A_{max}}{A_{min}}$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- A_{max}= Vertiente mayor (kilómetros)
- A_{min}=Vertiente menor (Kilómetros)

1.6.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante (Trujillo, 2010).

Para el cálculo del tiempo de concentración de la subcuenca se utilizó la fórmula californiana, la cual es la siguiente:

$$tc = \left(\frac{0.08 * L^3}{\Delta H} \right)$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- L = longitud del cauce principal (kilómetros)
- ΔH = Cota máxima – Cota mínima (metros)
- tc = Tiempo de concentración (Horas)

1.7 ELEVACIÓN DE LA CUENCA

1.7.1 Pendiente media de la cuenca

Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca. La pendiente media de la cuenca se calcula de la siguiente forma:

$$M_{Media} = 100 * \left(\frac{\Sigma(L * E)}{A_{Total}} \right)$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- L = Longitudes de todas las curvas de nivel (Km)
- E = equidistancia entre todas las curvas de nivel (Km)
- Atotal= Área total de la cuenca (Km²)

1.7.2 Pendiente media del cauce principal

Para calcular la pendiente media del cauce principal se hace uso de la siguiente ecuación:

$$M = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

Fuente: (Trujillo, 2010)

Donde:

- Hmax = Cota máxima de la corriente principal (Km)
- Hmin = Cota mínima de la corriente principal (Km)
- L = Longitud del cauce principal

1.8 BALANCE HÍDRICO

Es el estudio de las variables cuantitativas para explicar todos los aspectos físicos de un recurso hídrico, teniendo en cuenta variables espaciales temporales como la precipitación, evapotranspiración potencial, temperatura, escorrentía superficial y evapotranspiración. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales., 1998). Este estudio logra determinar el equilibrio del recurso en un sistema hídrico, el agua que entra al sistema y comparar con el agua que sale del mismo sistema para así encontrar su equilibrio y su repercusión en la zona.

Para el análisis del balance hídrico se utilizaron datos de precipitación diaria pluviométrica y temperatura máxima y mínima diaria, obtenidos del IDEAM (Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), datos que vienen crudos desde el geoportal y que hay que depurarlos en la herramienta Microsoft Excel.

1.8.1 Precipitación Meteorología

La precipitación es cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea en lluvia, nieve, granizo, rocío etc (Bateman, 2007).

1.8.2 Temperatura

La temperatura es la característica por medio de la cual se puede medir el nivel térmico de un cuerpo, sus unidades con en grados Celsius (Jimeno, 2011).

1.8.3 Evapotranspiración

Es el conjunto de dos procesos en el ciclo hídrico que consiste en la transpiración que es el resultado de la respiración de las plantas o paso del agua a través de las raíces hacia las hojas y la evaporación que es el regreso del agua que cae a la superficie (precipitación) a la atmósfera en forma de vapor (Bateman, 2007).

1.8.4 Geoestadística

Es un término relativamente nuevo que surgió en los años 60 por George Matheron el cual es conocido como el padre de la geoestadística, la definió como “la aplicación del

formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales". La geoestadística nace de la rama de la estadística y se centra en el análisis y modelación de la variabilidad de los datos espaciales (Viera, 2002).

1.8.5 Interpolación

La interpolación predice valores desconocidos de puntos geográficos mediante datos de muestreo que se conocen.

La interpolación se basa en la premisa de que todos los objetos distribuidos en el espacio están correlacionados espacialmente; es decir, que los valores cercanos a los puntos de muestreo tienden a tener características similares y mientras más se alejan espacialmente estos datos perderán similitud con los valores de muestra. (ESRI, Arcgis for Desktop, 2016)

Existen diferentes métodos de interpolación como el Kriging y el IDW.

1.8.6 Kriging

El método de Kriging es un procedimiento geoestadístico de interpolación basado en las relaciones estadísticas entre puntos medidos o conocidos, estas relaciones se conocen como autocorrelación. Los métodos que tienen esta base estadística predicen valores con una medida confiable de certeza y precisión.

Kriging "presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie". Este método se utiliza para datos de elevación o curvas de nivel, lo que significa que por medio de datos conocidos de elevación en zonas específicas puede predecir el valor de "z" o valor de elevación para las zonas aledañas (ESRI, 2016).

1.8.7 IDW (Inverse Distance Weighted)

El método IDW o distancia inversa ponderada es un método geoestadístico para interpolar puntos a diferencia del método de Kriging este no toma como puntos conocidos los valores de "z" sino que estima los valores de los puntos desconocidos, calculando el promedio de los valores de los puntos de muestreo y de sus vecinos más cercanos basándose en la distancia desde el punto de salida (ESRI, 2016).

.

1.8.8 Isoyeta

Es la línea que une todos los puntos en un mapa que representan las mismas precipitaciones en una unidad de tiempo considerable (Díaz, 2018).

1.8.9 Isoterma

Es una curva que une los vértices, en un plano cartográfico, que presentan las mismas temperaturas en la unidad de tiempo considerada (Díaz, 2018).

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1 ESTUDIO MORFOMÉTRICO

En la tabla número 1 podemos observar las principales características morfométricas de la subcuenca del río Sueva en la provincia del Guavio, en Cundinamarca.

Tabla 1. Características Morfométricas de la microcuenca del Río Sueva

Parámetros	Valor
Características morfométricas	
Área	42.97670
Perímetro	28.44950
Longitud de la cuenca	9.40023
Longitud del cauce principal	9.05350
Ancho	4.74697
Forma de la cuenca	
Índice de Forma	0.48636
Índice de compacidad	1.22420
Índice alargamiento	1.98026
Índice asimétrico	1.17003
Tiempo de concentración	0.07421
Elevación de la cuenca	
Pendiente media de la cuenca	26.423%
Pendiente media del cauce principal	8.26281

Esta zona del río Sueva pertenece a una microcuenca dado que su área es de 42.97670 Km² y se encuentra dentro de un rango de 20-100 Km² según la tabla de clasificación que explica Reyes y Trujillo, en los parámetros de la forma de la microcuenca el factor de forma es bajo (menor que uno) lo que indica que tiene una forma alargada y que esta tiende a crecientes rápidas e intensas.

Por otro lado, el índice de compacidad o índice de gravelius nos dio un valor de 1.224 demostrando que la microcuenca tiene una forma redonda a oval redonda la cual es próxima a la forma de un círculo; marca la tendencia a crecientes o concentraciones de altos volúmenes de agua, la microcuenca presenta heterogeneidad con un valor por encima de uno lo cual indica que no hay una distribución normal entre el cauce principal y las vertientes, incrementando así los niveles de erosión.

En las características de elevación de la cuenca encontramos una pendiente media de la microcuenca con un valor de 26.42% lo que nos muestra que el tipo de relieve es altamente accidentado, lo cual influye en que se presente un aumento en el nivel de concentración de las aguas. La microcuenca oscila entre elevaciones de 1950 msnm a 2950 msnm como se muestra en la figura número 2, esta pendiente influye en el comportamiento de las aguas cuando caen en la red de drenajes, entre más inclinación se tenga se presentarán más problemas con la erosión, por otro lado también podemos

apreciar cómo se distribuyen los drenajes en la parte izquierda y derecha del cauce principal que es el río Sueva, las líneas verdes representan el ancho máximo y la longitud máxima de la microcuenca.

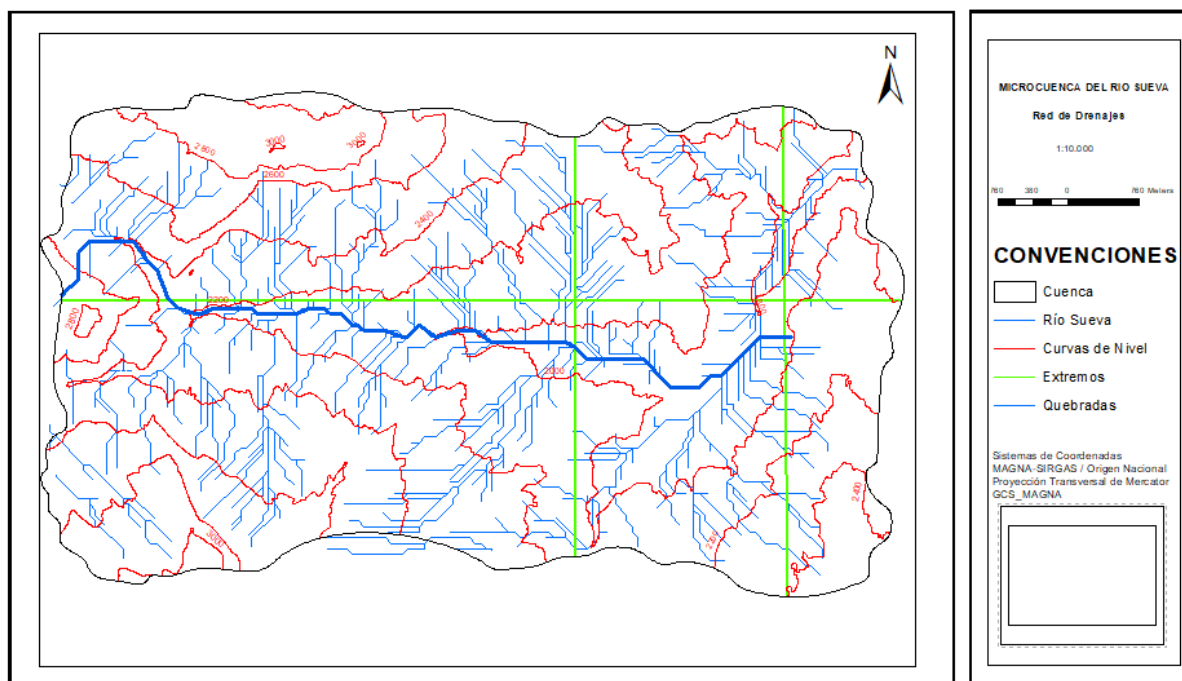


Figura 2. Delimitación de la microcuenca del Río Sueva

Analizando las características morfométricas podemos indicar que en el momento en el que exista una precipitación en la microcuenca del río sueva, el agua escurrirá sobre este cauce principal ya que tiende a tener dificultades para repartir el peso con las vertientes o quebradas al costado de la misma, esta concentración de agua en el cauce principal puede atribuir a fenómenos como la erosión reafirmando el resultado previamente obtenido.

Tabla 2. Cálculo de pendiente media de la cuenca

Área	%	Pendientes Medias	Pendientes por Área
1038467.714	2.49135188	0.952301495	0.023725181
787928.3007	1.89029146	5.0567977	0.095588215
1474188.434	3.53667435	9.787277428	0.346144131
11052782.25	26.5163466	19.28390251	5.11338643
18913910.22	45.3757062	34.97220984	15.86888717
4473399.385	1.07319773	59.07686753	0.634011604
1761037.907	4.22484498	102.7563268	4.341295514
Pendiente media de la cuenca			26.423%

2.2 BALANCE HÍDRICO

Para el análisis del balance hídrico se utilizaron los datos de precipitación diaria pluviométrica y temperatura máxima y mínima diaria de cuatro estaciones cercanas a nuestra área de influencia con el fin de realizar una interpolación de datos y calcular estos valores de precipitaciones y de temperatura para nuestra zona donde se encuentra la microcuenca. Los valores de cada estación se tomaron desde el año 2016 hasta el año 2020, valores que fueron analizados por día y mes.

Esta interpolación de datos se realizó por medio de dos métodos de geoprocesamiento en Arcgis, para nuestros valores de precipitación media mensual se utilizó el método de Kriging el cual muestra una autocorrelación de los datos geoespaciales. Por otro lado, para los datos de temperatura se utilizó el método de la distancia inversa ponderada el cual toma el promedio de los datos vecinos más cercanos y los pondera, estos dos geoprocesos nos resultan superficies ráster.

Para la distribución espacial de la precipitación y la temperatura sobre el área de la microcuenca se elaboraron mapas mensuales tanto de Isoyetas e Isotermas respectivamente, el método por el cual se realizaron los mapas fue por medio del geoprocesamiento de curvas o “contour” el cual crea una entidad de línea de curvas de nivel a partir de una superficie ráster (paso anterior).

Las siguientes son las salidas graficas de los mapas de las isoyetas las cuales se obtuvieron mediante los datos de precipitación y el método de Kriging como se mencionó anteriormente, se observan doce mapas correspondientes al comportamiento de la precipitación en nuestra microcuenca del río Sueva en cada uno de los meses de año, donde se observa la cantidad de agua en mililitros que tuvo lugar en el área de estudio, siendo los meses de mayo a julio los meses en más volumen agua capto la microcuenca.

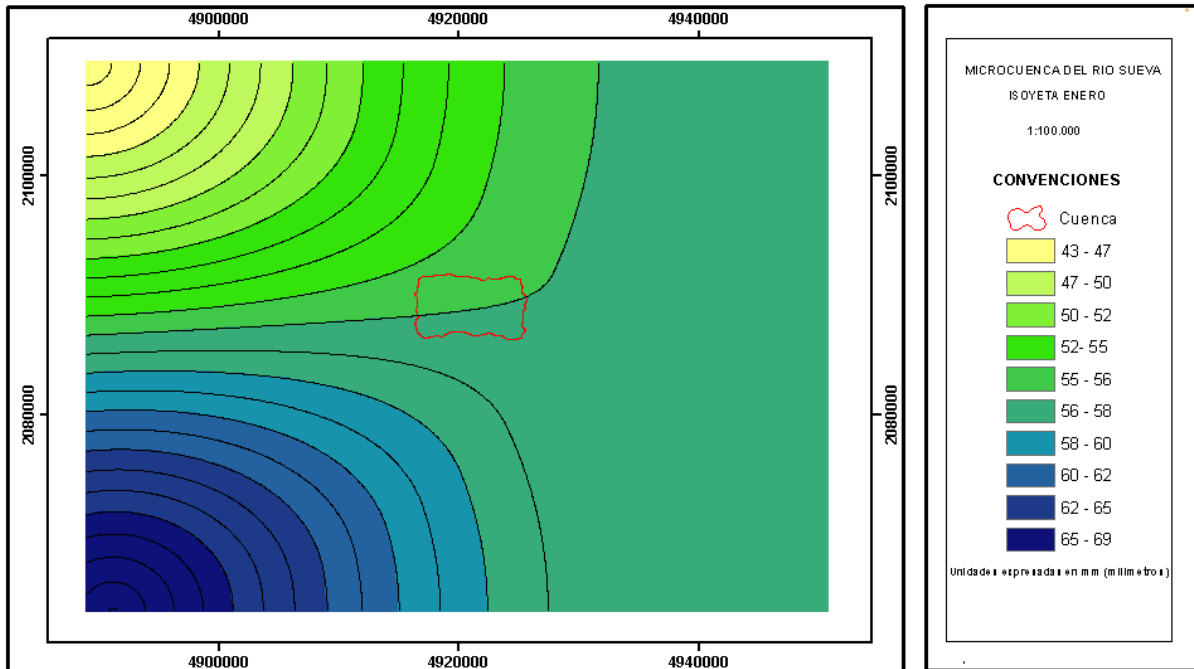


Figura 3. Isoyeta correspondiente al mes de Enero

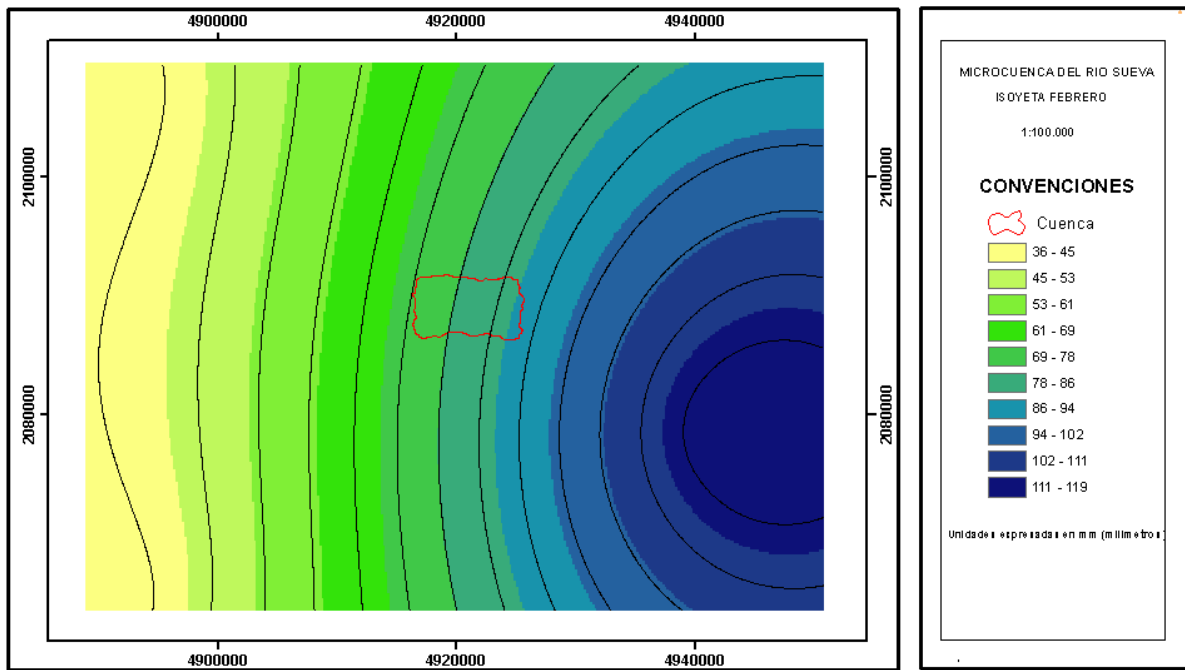


Figura 4. Isoyeta correspondiente al mes de Febrero

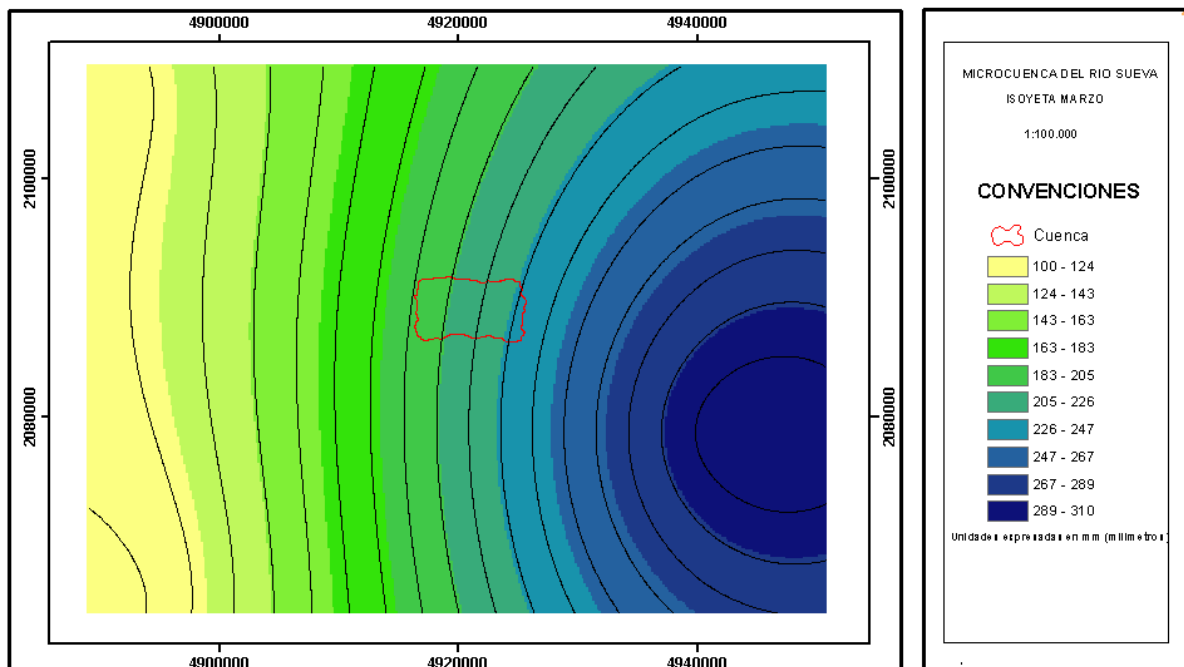


Figura 5. Isoyeta correspondiente al mes de Marzo

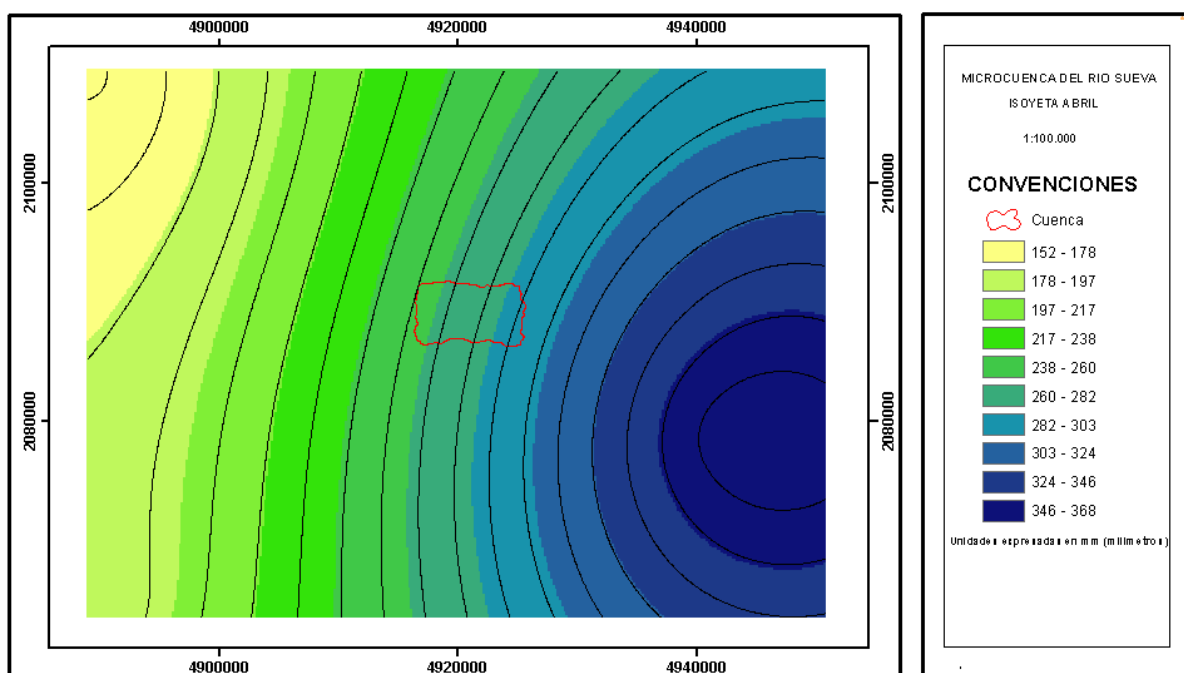


Figura 6. Isoyeta correspondiente al mes de Abril

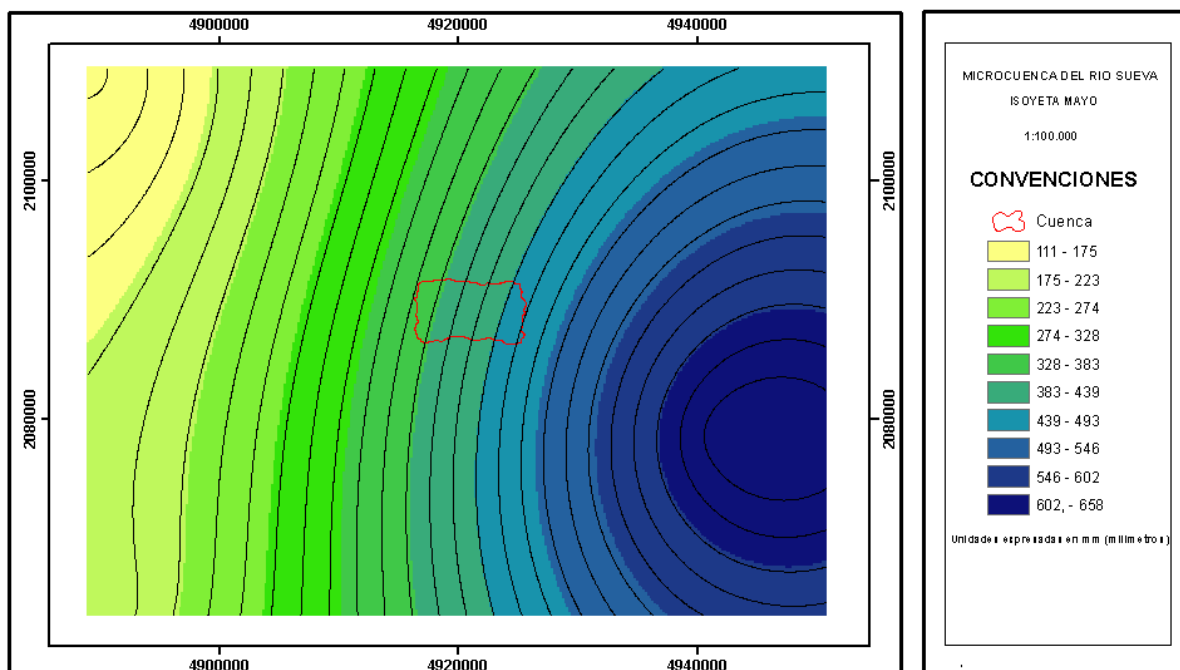


Figura 7. Isoyeta correspondiente al mes de Mayo

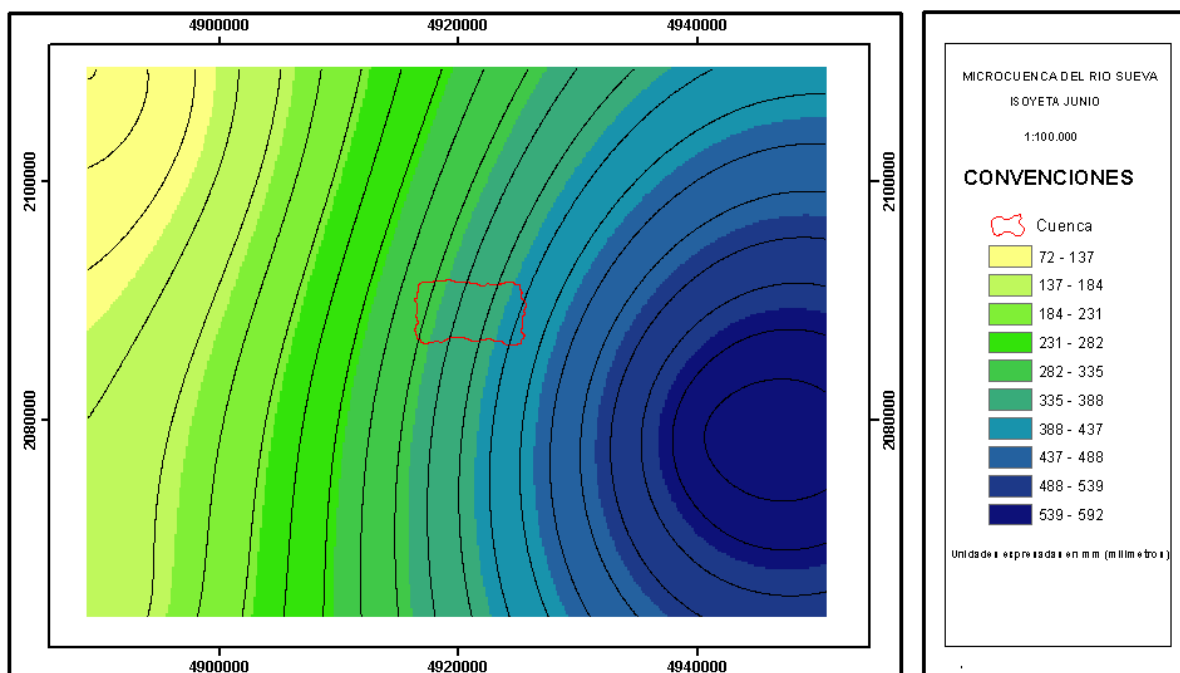


Figura 8. Isoyeta correspondiente al mes de Junio

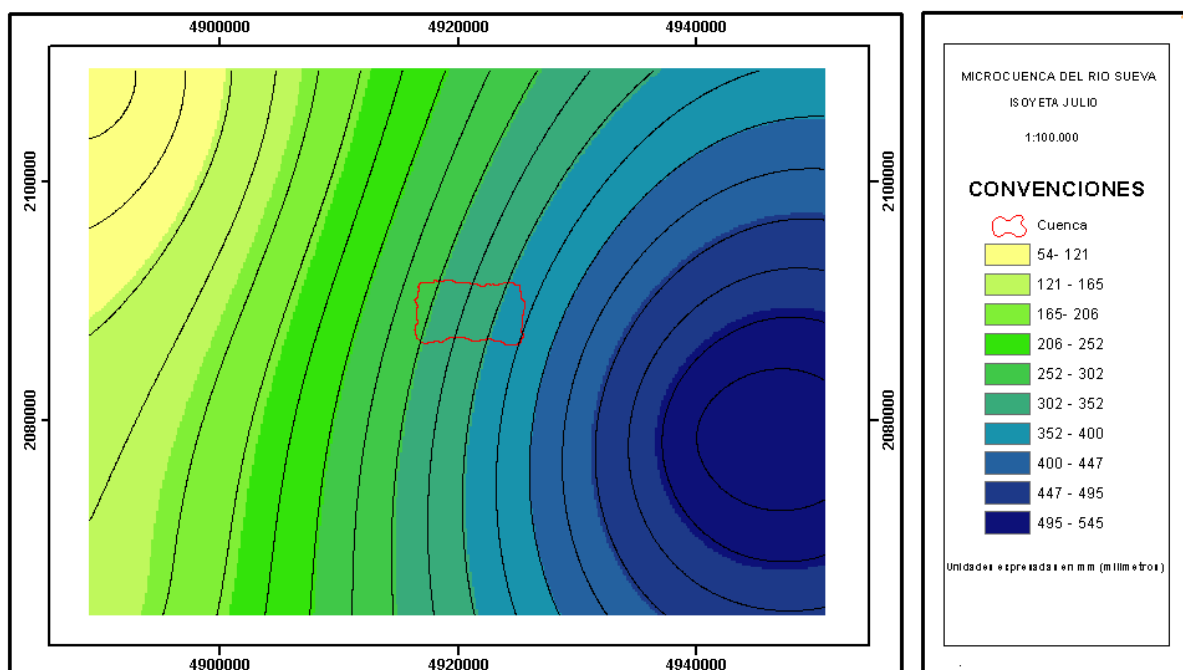


Figura 9. Isoyeta correspondiente al mes de Julio

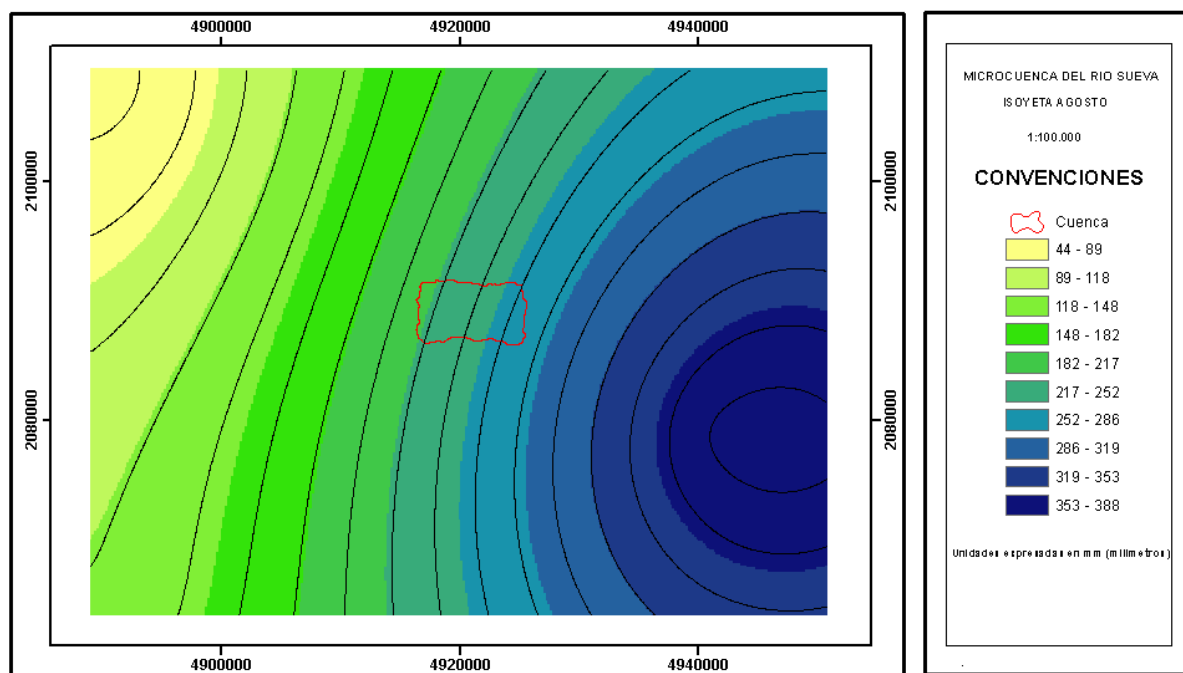


Figura 10. Isoyeta correspondiente al mes de Agosto

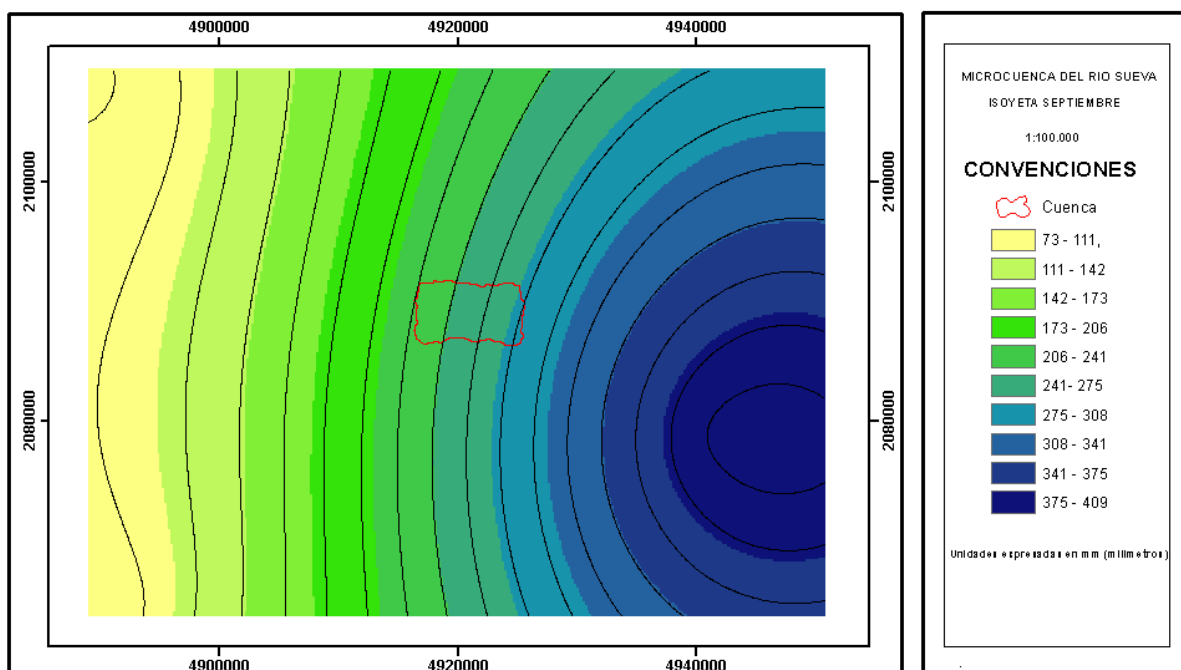


Figura 11. Isoyeta correspondiente al mes de Septiembre

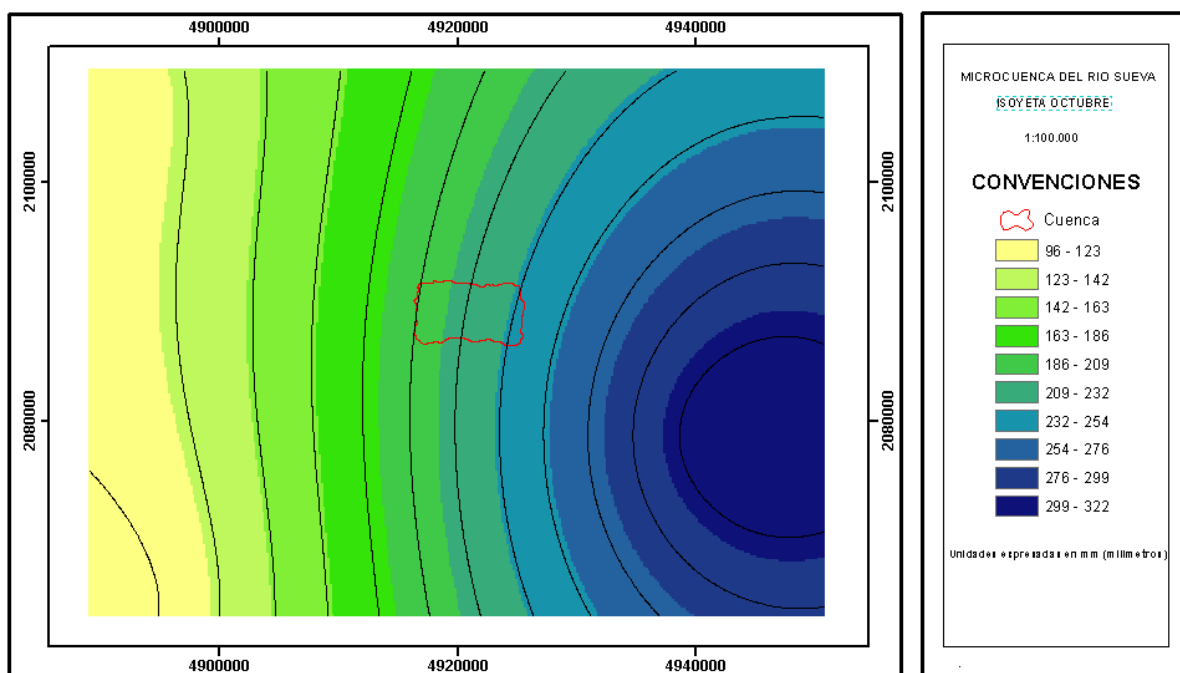


Figura 12. Isoyeta correspondiente al mes de Octubre

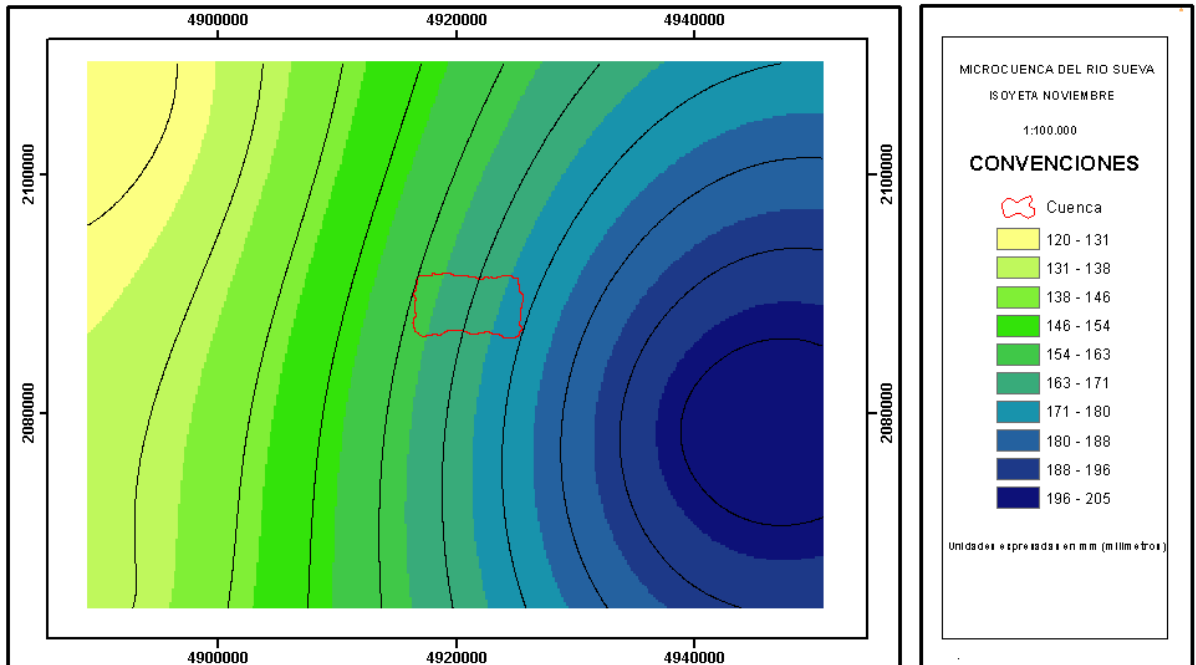


Figura 13. Isoyeta correspondiente al mes de Noviembre

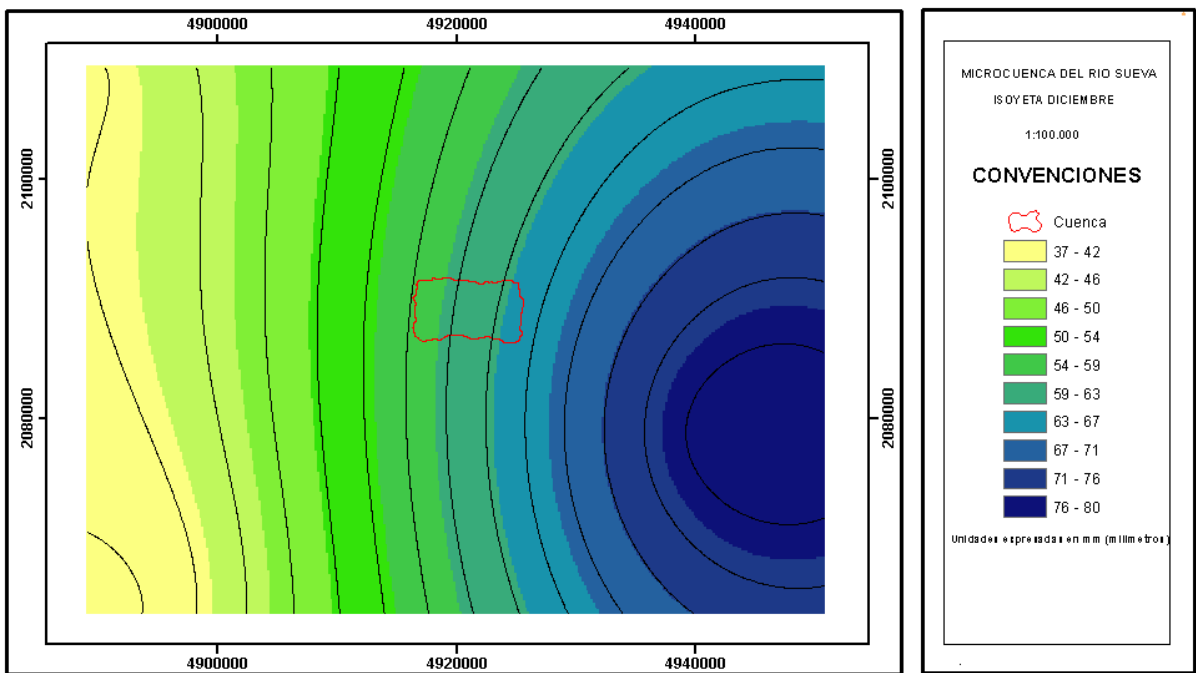


Figura 14. Isoyeta correspondiente al mes de Diciembre

Por otro lado, se presentan las salidas graficas de las Isotermar, generadas a partir de los datos de la temperatura y el geoproceso de IDW (Distancia Inversa Ponderada), el análisis se realizó a cada uno de los meses del año de igual manera de la Isotermas por lo cual se obtuvieron doce mapas, con temperaturas bajas en los meses de junio y julio y las más altas registradas en los meses de enero febrero y marzo.

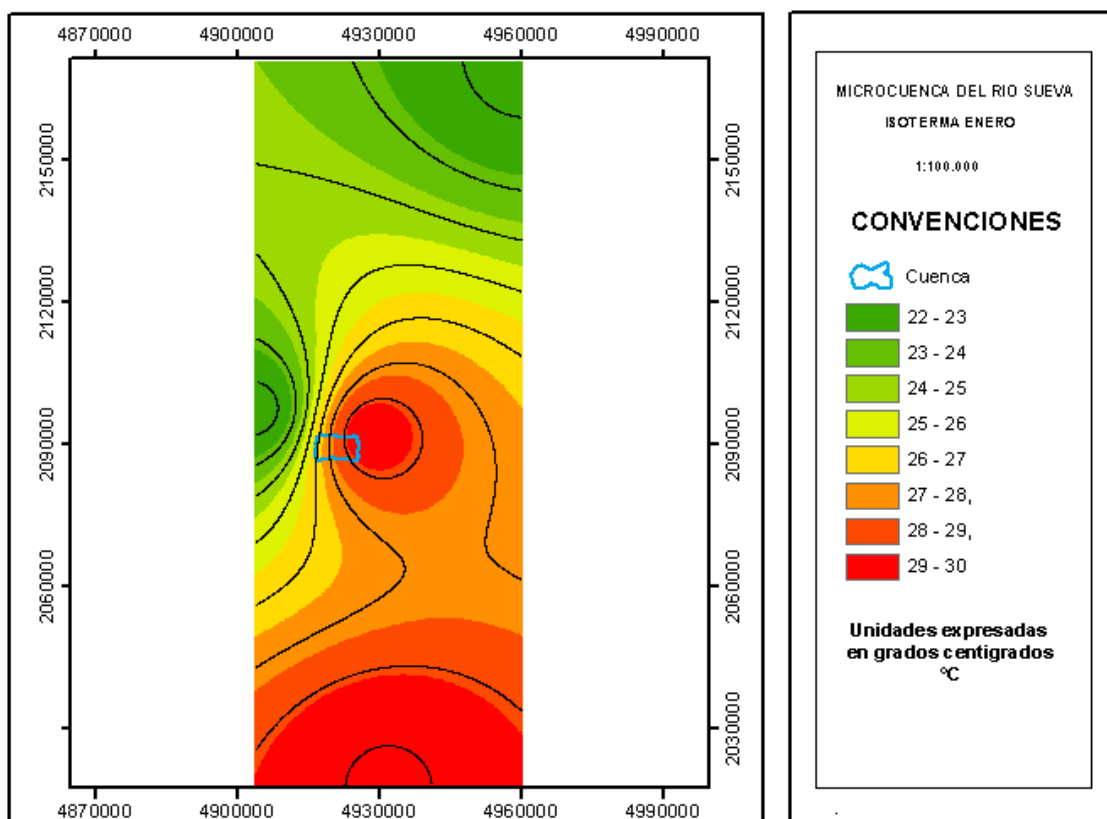


Figura 15. Isoterma correspondiente al mes de Enero

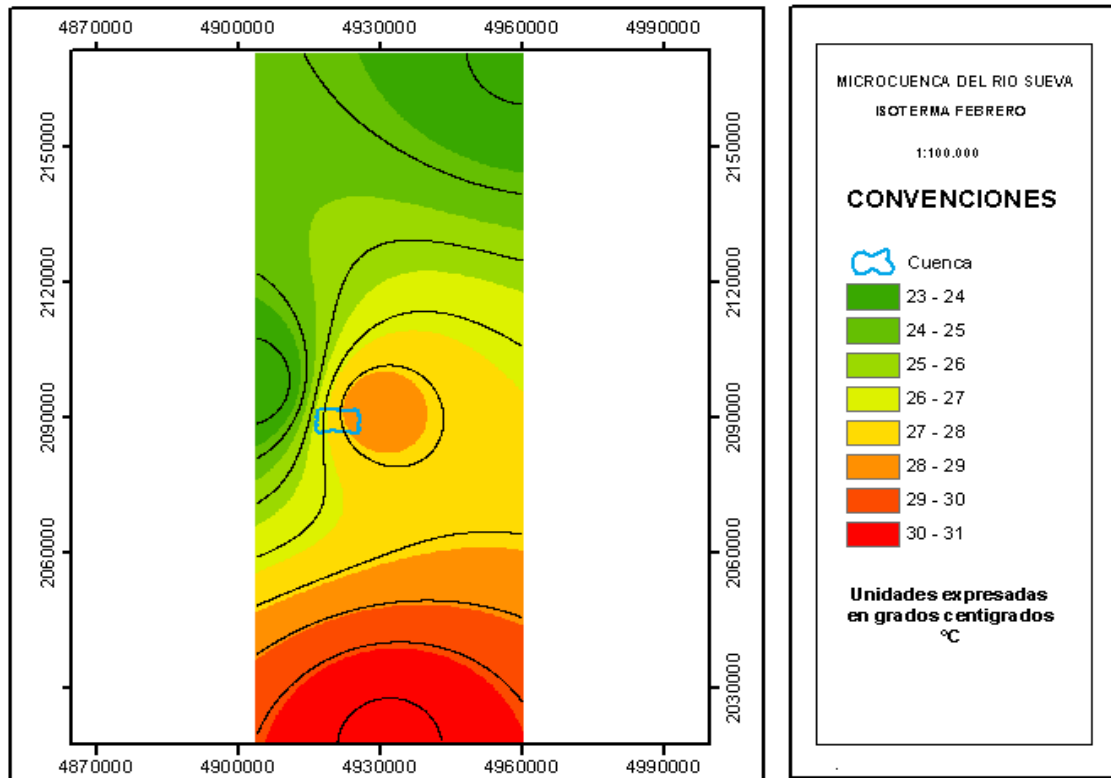


Figura 16. Isotherma correspondiente al mes de Febrero

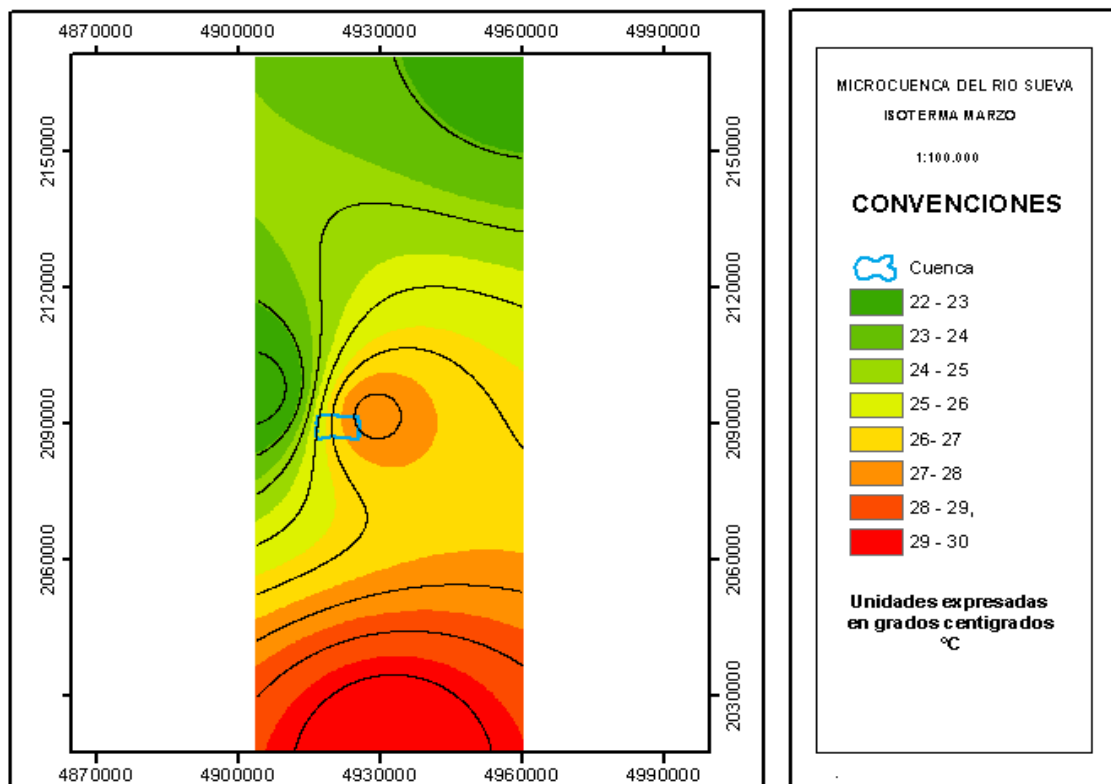


Figura 17. Isotherma correspondiente al mes de Marzo

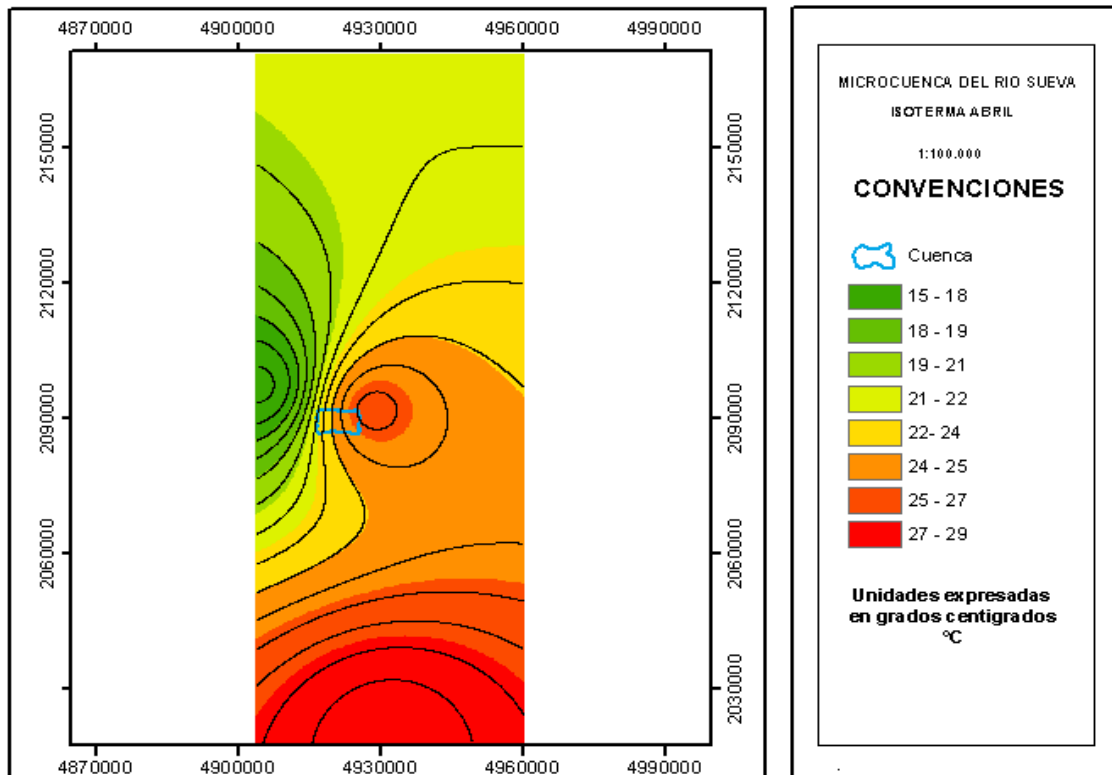


Figura 18. Isotherma correspondiente al mes de Marzo

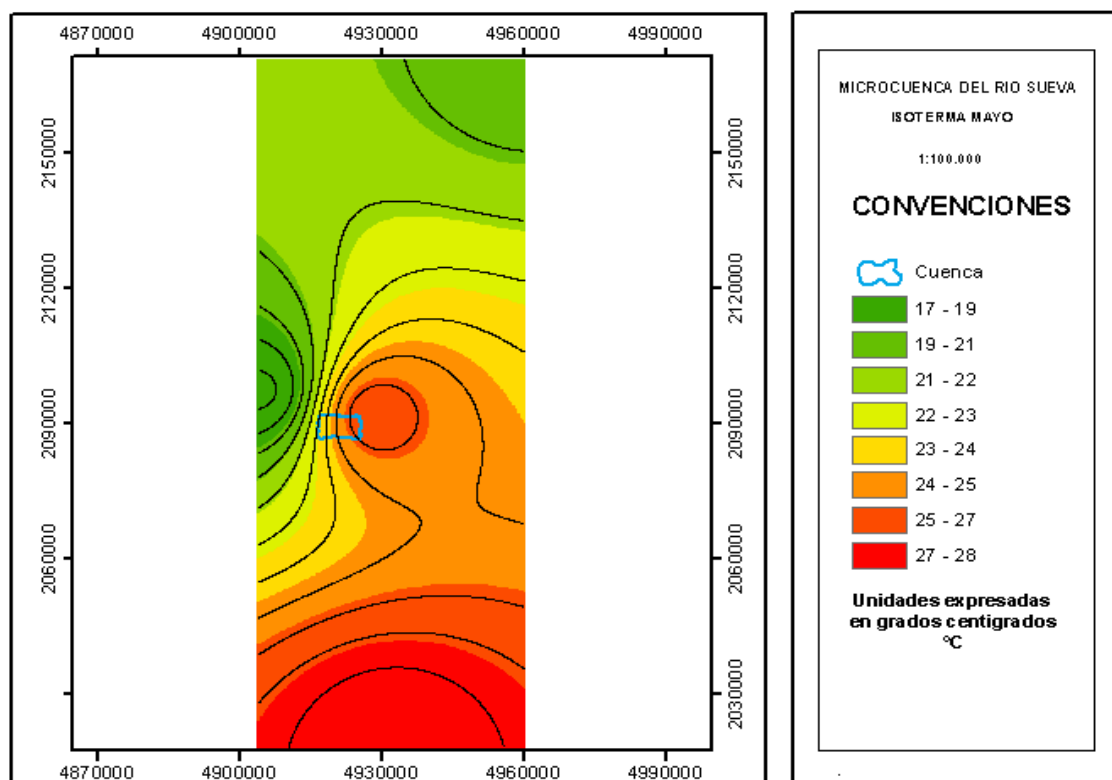


Figura 19. Isotherma correspondiente al mes de Mayo

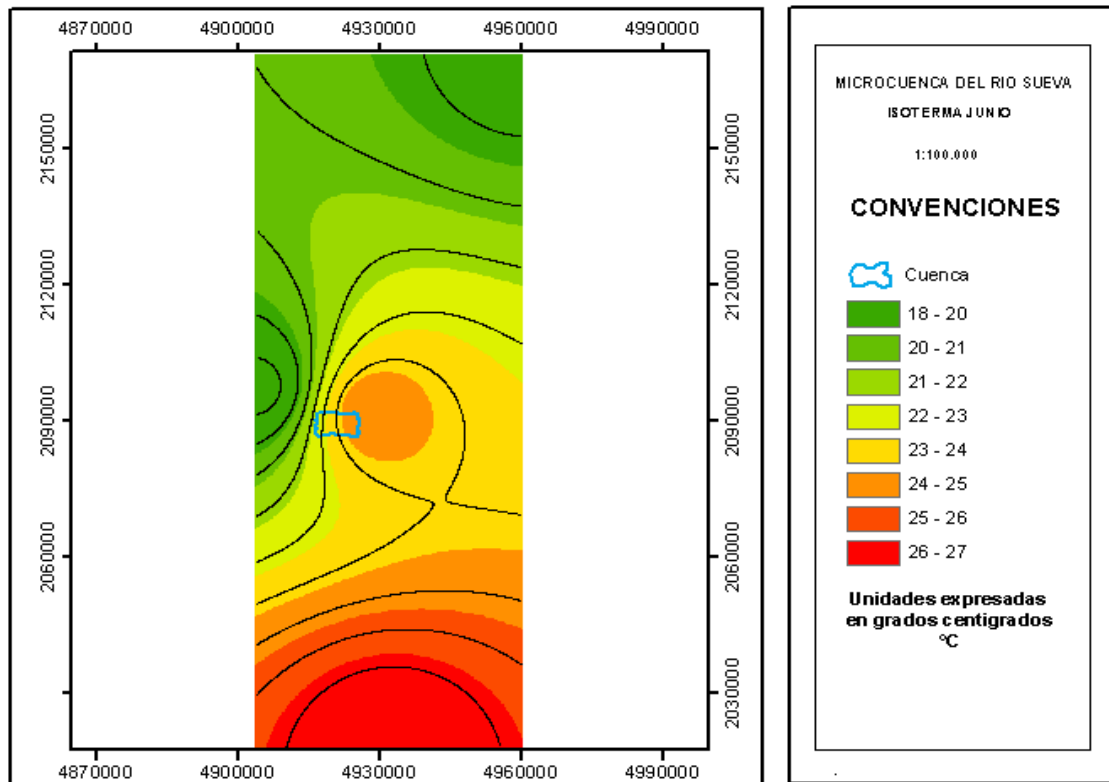


Figura 20. Isotherma correspondiente al mes de Junio

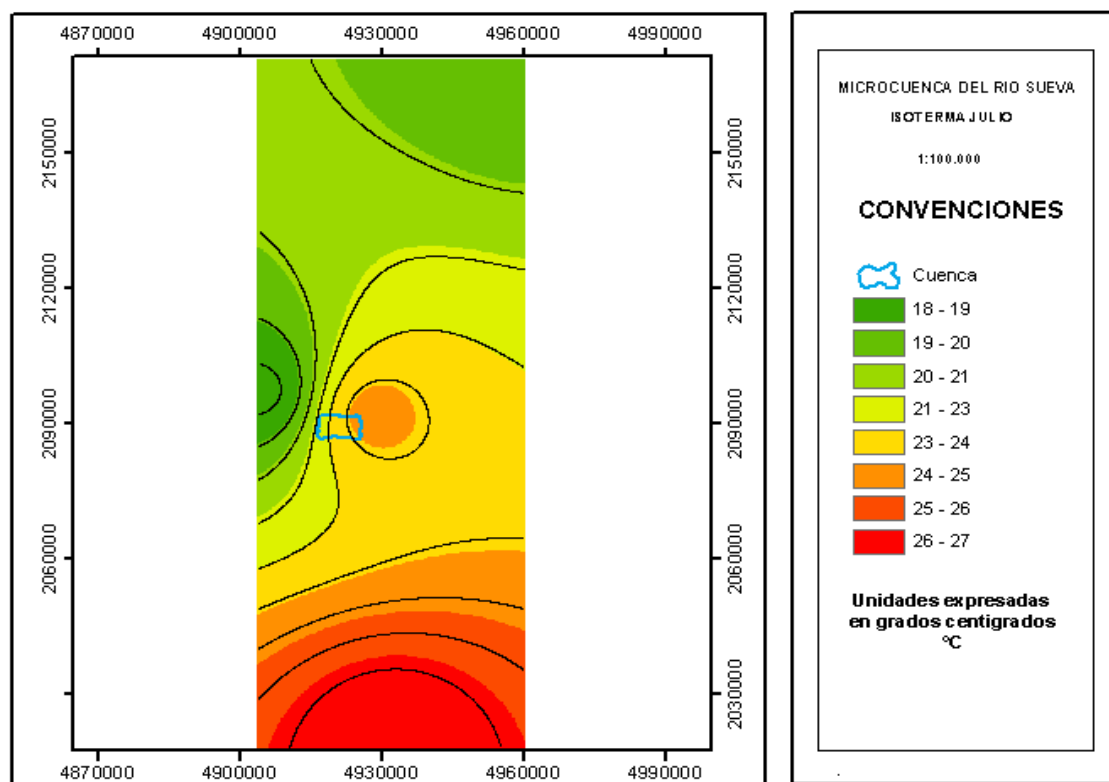


Figura 21. Isotherma correspondiente al mes de Julio

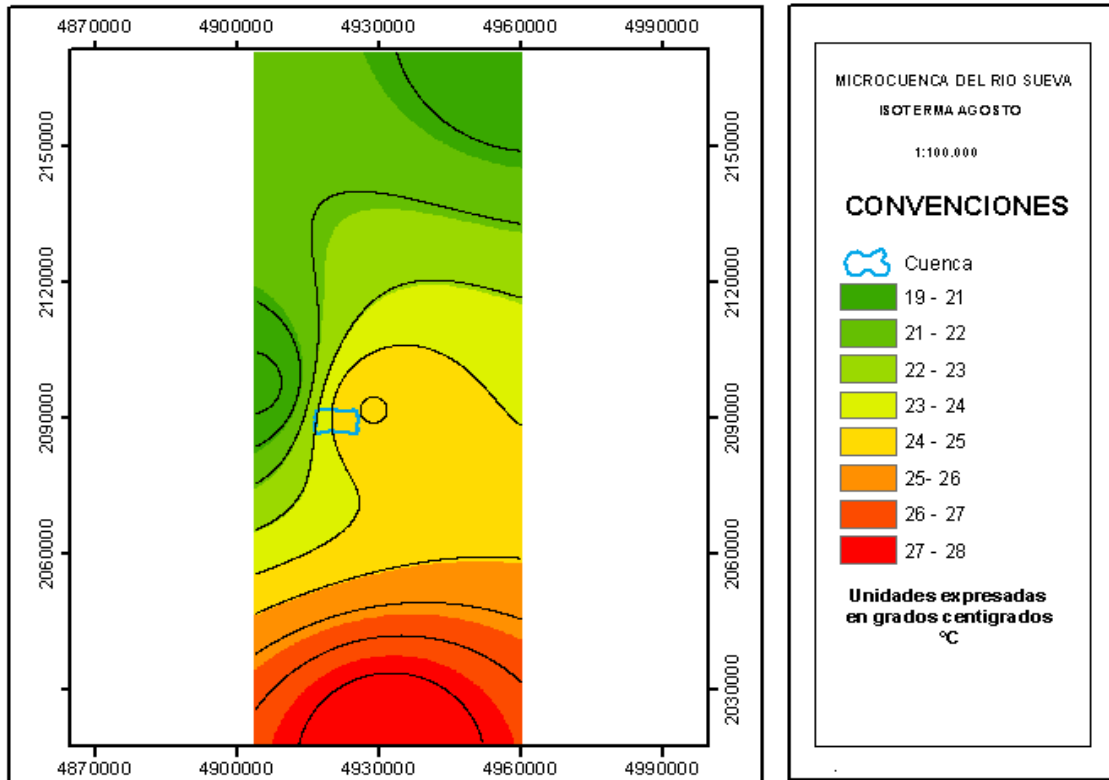


Figura 22. Isotherma correspondiente al mes de Agosto

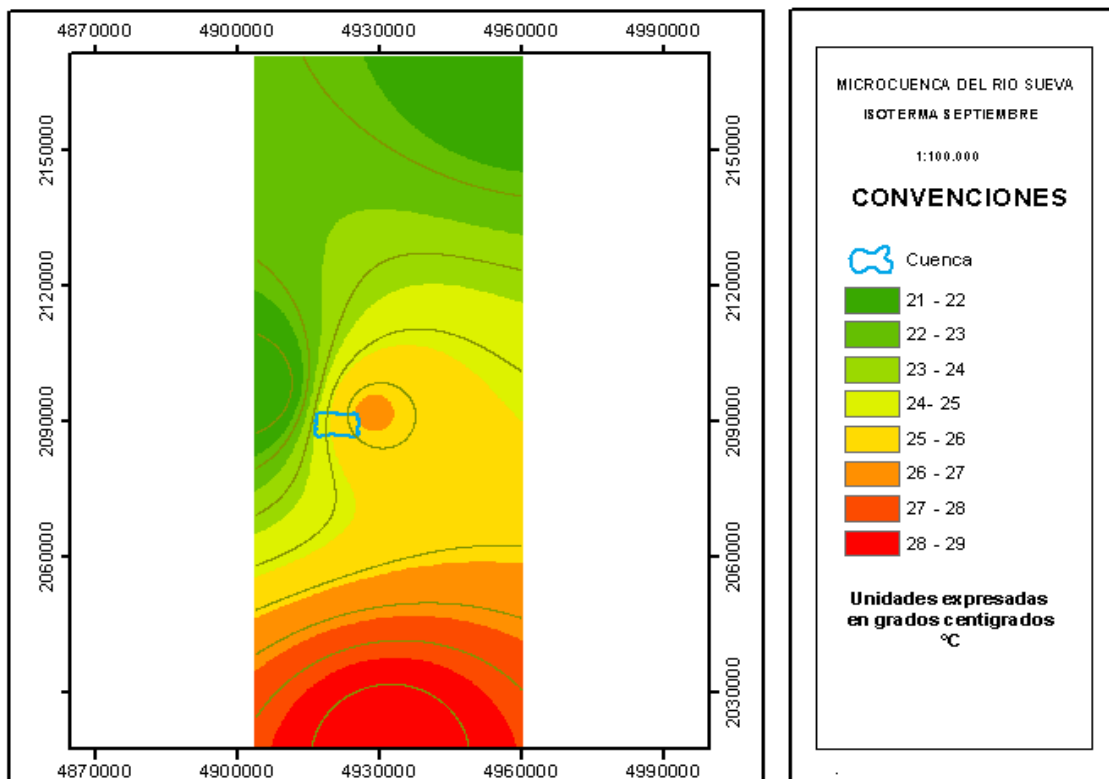


Figura 23. Isotherma correspondiente al mes de Septiembre

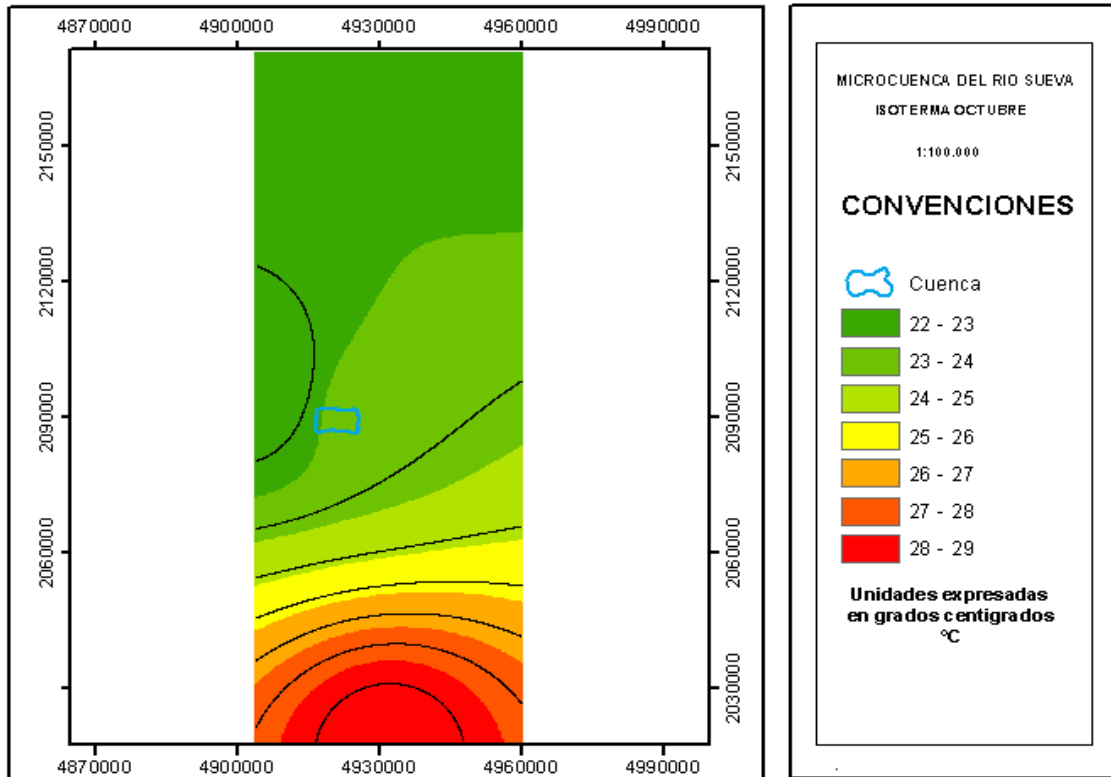


Figura 24. Isotherma correspondiente al mes de Octubre

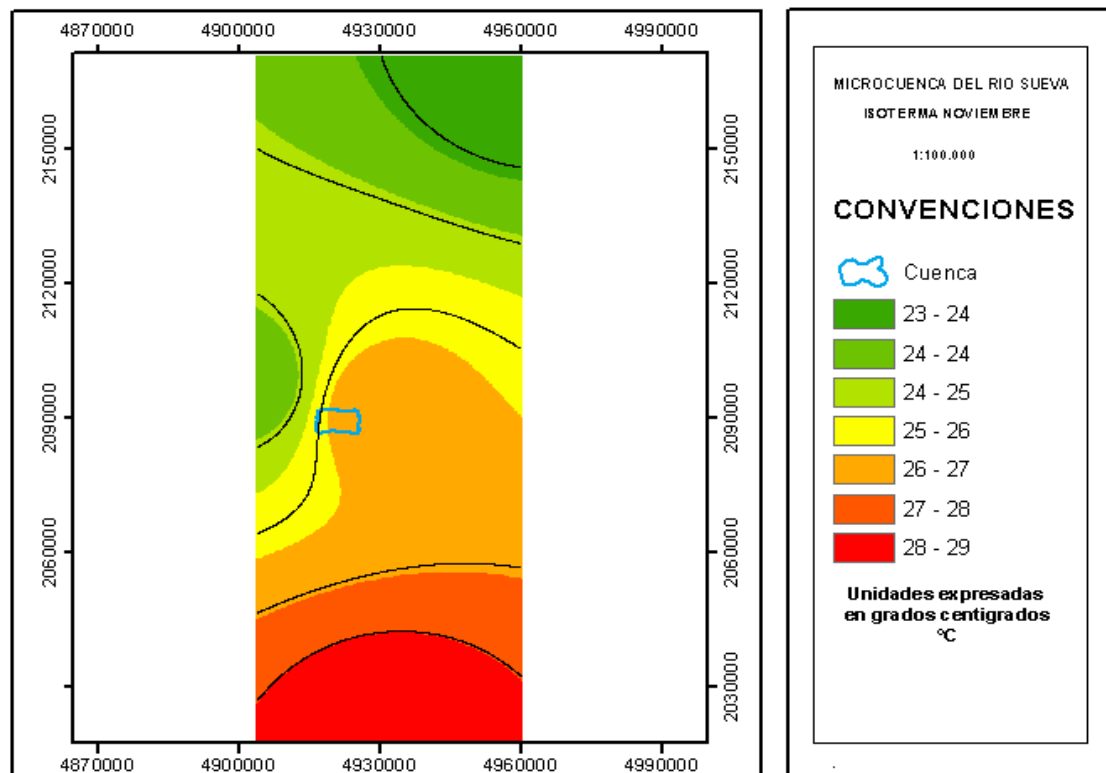


Figura 25. Isotherma correspondiente al mes de Noviembre

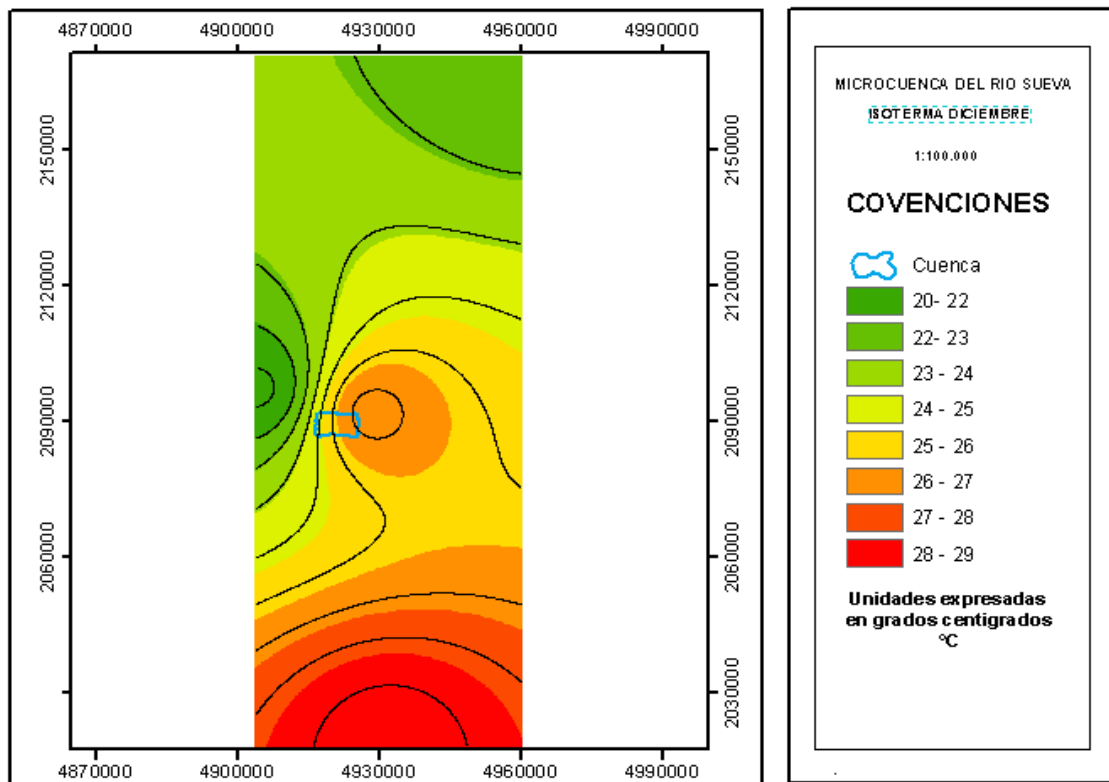


Figura 26. Isotherma correspondiente al mes de Diciembre

Los valores de precipitación y temperatura medias mensuales de la microcuenca del río Sueva, extraídos por medio de los geoprocesos y mapas de Isoyetas e Isotermas, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores de precipitación y temperatura media mensuales

MES	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)
Enero	56.00	29.00
Febrero	81.00	28.00
Marzo	216.00	28.00
Abril	276.00	26.00
Mayo	410.00	26.00
Junio	362.50	24.00
Julio	337.50	24.00
Agosto	240.00	25.00
Septiembre	260.00	26.00
Octubre	216.00	24.00
Noviembre	168.00	26.00
Diciembre	61.50	27.00

Una vez obtenidos los valores de precipitación y temperatura media mensual, se procede a calcular la evapotranspiración por el método directo de Thornthwaite, el resultado se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Cálculo de la evapotranspiración

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación	56	81	216	276	410	362.5	337.5	240	260	216	168	61.5
Temperatura	29	28	28	26	26	24	24	25	26	24	26	27
Índice de Temperatura	13.97	13.25	13.25	11.86	11.86	10.52	10.52	11.18	11.86	10.52	11.86	12.55
Evapotranspiración	183.88	162.86	162.86	126.03	126.03	95.54	95.54	110.04	126.03	95.54	126.03	143.61

Teniendo en cuenta los resultados anteriores podemos realizar el balance hídrico de la microcuenca del río Sueva.

Tabla 5. Balance Hídrico de la microcuenca Río Sueva

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación	56	81	216	276	410	362.5	337.5	240	260	216	168	61.5
Temperatura	29	28	28	26	26	24	24	25	26	24	26	27
ETP	290	280	280	260	260	240	240	250	260	240	260	270
P-ETP	0	0	0	16	100	100	100	90	90	66	0	0
Exceso	-	-	-	-	66	122.5	97.5	-	-	-	-	-
Deficit	-234	-199	-64	-	-	-	-	-	-	-	-26	-208.5

A la hora de analizar el balance hídrico hay que tener varias consideraciones como el P-ETP el cual es la variación del almacenaje de la evapotranspiración el cual es el resultado de la diferencia entre el valor de almacenaje del agua útil del mes considerado y el mes anterior. Si estos valores tienen signo positivo, significa que existe reposición de humedad en el suelo y si tiene signo negativo, significa utilización de la humedad del suelo. Este almacenaje solo puede tener dos valores óptimos (sin agua disponible) y 100 (contenido óptimo de humedad), por tanto, los valores del almacenamiento en cero corresponden a los períodos de utilización del almacenamiento y cien a los periodos de recarga de los acuíferos.

Podemos representar el balance hídrico mensual como se muestra en la figura 5 donde se observa el comportamiento de exceso y déficit del balance hídrico.

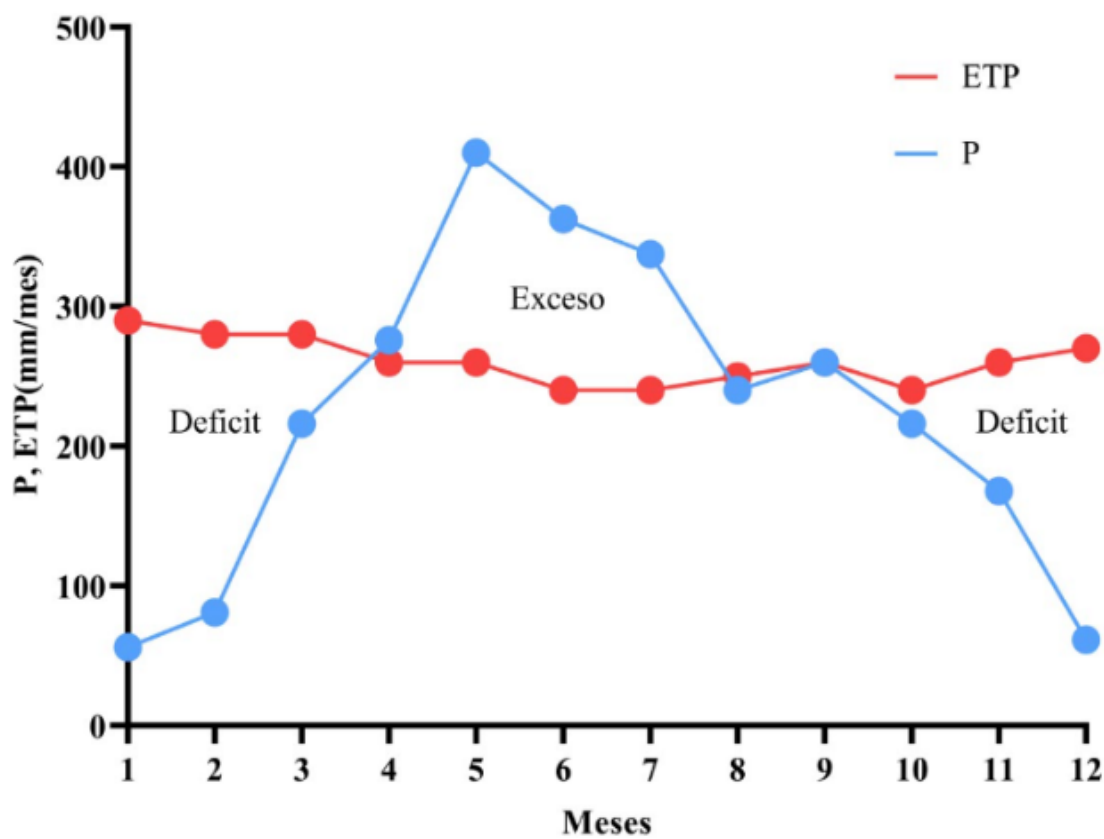


Figura 5. Balance hídrico mensual microcuenca del río Sueva

3. CONCLUSIONES

De acuerdo a las características morfométricas halladas en la microcuenca del río Sueva podemos concluir que su forma es alargada con un factor de forma bajo, esta microcuenca presenta crecientes rápidas e intensas, marca una tendencia de grandes concentraciones de agua; su distribución es heterogénea por lo cual los drenajes adyacentes al cauce principal no soportan la misma carga de volumen de agua incrementando así los niveles de erosión.

Por otro lado, la característica de elevación encontradas en la microcuenca arroja un tipo de relieve altamente accidentado lo cual influye en que se presenten grandes concentraciones de agua y esto a su vez influye en que exista una mayor probabilidad de erosión reafirmando así nuestro estudio morfométrico.

De acuerdo al balance hídrico que se realizó en la zona de la microcuenca del río Sueva en los doce meses del año se puede apreciar que en al menos cinco de ellos corresponden a déficits, dado que la evapotranspiración super el valor de las precipitaciones medias mensuales; siendo enero el mes en que se presenta menor cantidad de agua en la microcuenca.

Solo tres meses del año Mayo, junio y Julio presentan un exceso en la cantidad de agua en la cuenca siendo junio el que mayor exceso de agua presente, en los meses posteriores su comportamiento es balanceado donde el sistema está liberando la saturación que tuvo en los meses desde noviembre a marzo.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahindra Nag. (2010). Geographic information system-based watershed modeling systems. The McGraw-Hill Companies, Inc.:
- Asmat Chávez, D. (2017). Tabla de contenido. *Revista Theologika*, 32(1)
doi:10.17162/rt.v32i1.900
- Cámara de Comercio. Descripción de la provincia del Guavio
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR Dirección de Monitoreo, Modelamiento y Laboratorio Ambiental. (2018). *Evaluación regional del agua-ERA cuenca río Gachetá*.
- Ley 99 de 1993, (1993). Recuperado de:
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac387b80e3a2.pdf>
- ESRI. (2011). *Esri ArcsGis For Desktop*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (1998). *El medio ambiente en Colombia* Santa Fe de Bogotá.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2004). *Decreto 1729*. República de Colombia
- Morejón Miranda, Y. M., Vega Carreño, M. B., Escarré Esteve, A., Peralta Vital, J. L., Quintero Silveiro, A., & González Piedra, J. I. (2015). Análisis de balance hídrico en cuencas hidrográficas de la sierra de los órganos. *Ingeniera Hidráulica Y Ambiental*, 36(2), 94-108.
- Moreno Soler, C. (2011). Determinación de la calidad del agua y aplicación de índices de las subcuencas del río gacheta, en la jurisdicción de la CAR.
- Bateman, A. (2007). Hidrología básica y Aplicada. *Grupo de investigación en Transporte de Sedimentos*, 20-21.
- Díaz, A. (2018). *ESTUDIO HIDROLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO PARA DETERMINAR*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- ESRI. (2016). *Arcgis for Desktop*. Obtenido de
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/comparing-interpolation-methods.htm>
- ESRI. (2016). *ArcsGis For Desktop*. Obtenido de
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>

- Ibáñez, M. G. (s.f.). *Morfología de las cuencas*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia .
- Jimeno, M. L. (2011). *Principios de Meteorología y Climatología*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Trujillo, B. E. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Cali: Edi. Universidad del Valle.
- Viera, M. A. (2002). *Geoestadística Aplicada*. Cuba.